



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift
DE 197 47 119 A 1

51 Int. Cl.⁶:
H 03 M 7/40

21 Aktenzeichen: 197 47 119.6
22 Anmeldetag: 24. 10. 97
43 Offenlegungstag: 29. 4. 99

*Documents cited
in the German
Examination
Procedure*

DE 197 47 119 A 1

71 Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 80636 München, DE

74 Vertreter:
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 81479
München

72 Erfinder:
Sperschneider, Ralph, 91056 Erlangen, DE; Dietz,
Martin, 90408 Nürnberg, DE; Ehret, Andreas, 91058
Erlangen, DE; Brandenburg, Karlheinz, Dr., 91054
Erlangen, DE; Gerhäuser, Heinz, Dr., 91344
Waischenfeld, DE

56 Entgegenhaltungen:
EP 06 12 156 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtungen zum Codieren bzw. Decodieren eines Audiosignals bzw. eines Bitstroms

57 Bei einem Verfahren zum Codieren eines Audiosignals, um einen codierten Bitstrom zu erhalten, werden zeitdiskrete Abtastwerte des Audiosignals in den Frequenzbereich transformiert, um Spektralwerte zu erhalten. Die Spektralwerte werden mit einer Codetabelle, die eine begrenzte Anzahl von Codewörtern unterschiedlicher Länge aufweist, codiert, um durch Codeworte codierte Spektralwerte zu erhalten, wobei die Länge eines einem Spektralwert zugeordneten Codeworts um so kürzer ist, je höher die Auftrittswahrscheinlichkeit des Spektralwerts ist. Anschließend wird ein Raster für den codierten Bitstrom festgelegt, wobei das Raster äquidistante Rasterpunkte aufweist und wobei der Abstand der Rasterpunkte von der/den verwendeten Codetabelle/n abhängt. Um eine fehlerrobuste Huffman-Codierung zu erhalten, werden Prioritätscodewörter, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam sind, im Raster derart angeordnet, daß der Beginn jedes Prioritätscodeworts mit einem Rasterpunkt zusammenfällt.

DE 197 47 119 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahren und Vorrichtungen zum Codieren bzw. Decodieren eines Audiosignals bzw. eines Bitstroms und insbesondere auf Verfahren und Vorrichtungen zum Codieren bzw. Decodieren eines Audiosignals bzw. eines Bitstroms, die eine fehlerrobuste Entropiecodierung bzw. -decodierung und insbesondere eine fehlerrobuste Huffman-Codierung bzw. -Decodierung ausführen können.

Moderne Audiocodierverfahren bzw. -decodierverfahren, die beispielsweise nach dem Standard MPEG-Layer 3 arbeiten, sind in der Lage, die Datenrate von Audiosignalen beispielsweise um einen Faktor 12 zu komprimieren, ohne die Qualität derselben merkbar zu verschlechtern. Um eine derartig hohe Datenratenreduktion zu erreichen, wird ein Audiosignal abgetastet, wodurch eine Folge von zeitdiskreten Abtastwerten erhalten wird. Wie es in der Technik bekannt ist, wird diese Folge von zeitdiskreten Abtastwerten mittels geeigneter Fensterfunktionen gefenstert, um gefensterte Blöcke von zeitlichen Abtastwerten zu erhalten. Ein Block zeitlich gefensterter Abtastwerte wird dann mittels einer Filterbank, einer modifizierten diskreten Cosinustransformation (MDCT) oder einer anderen geeigneten Einrichtung in den Frequenzbereich transformiert, um Spektralwerte zu erhalten, die insgesamt das Audiosignal, d. h. den zeitlichen Ausschnitt, der durch den Block von zeitdiskreten Abtastwerten gegeben ist, im Frequenzbereich darstellen. Üblicherweise werden sich zu 50% überlappende zeitliche Blöcke erzeugt und mittels einer MDCT in den Frequenzbereich transformiert, wodurch aufgrund der speziellen Eigenschaften der MDCT immer beispielsweise 1024 zeitdiskrete Abtastwerte zu 1024 Spektralwerten führen.

Es ist bekannt, daß die Aufnahmefähigkeit des menschlichen Ohrs vom Augenblicksspektrum des Audiosignals selbst abhängt. Diese Abhängigkeit ist in dem sog. psychoakustischen Modell erfaßt, mittels dem es seit längerem möglich ist, abhängig vom augenblicklichen Spektrum Maskierungsschwellen zu berechnen. Maskierung bedeutet, daß ein bestimmter Ton bzw. Spektralanteil verdeckt wird, wenn beispielsweise ein benachbarter Spektralbereich eine relativ hohe Energie besitzt. Diese Tatsache der Maskierung wird ausgenutzt, um die nach der Transformation vorhandenen Spektralwerte möglichst grob zu quantisieren. Es wird daher angestrebt, einerseits hörbare Störungen im wieder decodierten Audiosignal zu vermeiden und andererseits möglichst wenig Bits zu verwenden, um das Audiosignal zu codieren bzw. hier zu quantisieren. Die durch die Quantisierung eingeführten Störungen, d. h. das Quantisierungsrauschen, soll unter der Maskierungsschwelle liegen und somit unhörbar sein. Gemäß bekannter Verfahren wird daher eine Einteilung der Spektralwerte in sog. Skalenfaktorbänder durchgeführt, die den Frequenzgruppen des menschlichen Ohrs entsprechen sollten. Spektralwerte in einer Skalenfaktorguppe werden mit einem Skalenfaktor multipliziert, um Spektralwerte eines Skalenfaktorbandes insgesamt zu skalieren. Die durch den Skalenfaktor skalierten Skalenfaktorbänder werden anschließend quantisiert, woraufhin quantisierte Spektralwerte entstehen. Selbstverständlich ist eine Gruppierung in Skalenfaktorbänder nicht entscheidend. Sie wird jedoch bei den Standards MPEG-Layer 3 bzw. bei dem Standard MPEG-2 AAC (AAC = Advanced Audio Coding) verwendet.

Ein sehr wesentlicher Aspekt der Datenreduzierung besteht in der nach dem Quantisieren folgenden Entropie-Codierung der quantisierten Spektralwerte. Für die Entropiecodierung wird üblicherweise eine Huffman-Codierung verwendet. Unter einer Huffman-Codierung versteht man eine

Codierung mit variabler Länge, d. h. die Länge des Codeworts für einen zu codierenden Wert ist abhängig von dessen Auftretenswahrscheinlichkeit. Logischerweise ordnet man dem wahrscheinlichsten Zeichen den kürzesten Code, d. h. das kürzeste Codewort, zu, so daß mit der Huffman-Codierung eine sehr gute Redundanzreduktion erreicht werden kann. Ein Beispiel für eine allseits bekannte Codierung mit allgemeiner Länge ist das Morse-Alphabet.

In der Audiocodierung werden Huffman-Codes zur Codierung der quantisierten Spektralwerte benutzt. Ein moderner Audio-Coder, der beispielsweise nach dem Standard MPEG-2 AAC arbeitet, verwendet zur Codierung der quantisierten Spektralwerte verschiedene Huffman-Codetabellen, die dem Spektrum nach bestimmten Kriterien abschnittsweise zugeordnet werden. Dabei werden immer 2 oder 4 Spektralwerte in einem Codewort gemeinsam codiert.

Ein Unterschied des Verfahrens nach MPEG-2 AAC gegenüber dem Verfahren MPEG-Layer 3 besteht nun darin, daß verschiedene Skalenfaktorbänder, d. h. verschiedene Spektralwerte, zu beliebig vielen Spektralabschnitten oder "Sections" gruppiert werden. Bei AAC umfaßt ein Spektralabschnitt oder eine "Section" umfaßt zumindest vier Spektralwerte aber vorzugsweise mehr als vier Spektralwerte. Der gesamte Frequenzbereich der Spektralwerte wird daher in benachbarte Sections aufgeteilt, wobei eine Section ein Frequenzband darstellt, derart, daß alle Sections zusammen den gesamten Frequenzbereich, der durch die Spektralwerte nach der Transformation derselben überdeckt wird, umfassen.

Einem Abschnitt wird nun ebenso wie beim MPEG-Layer-3-Verfahren zum Erreichen einer maximalen Redundanzreduktion eine sog. Huffman Tabelle aus einer Mehrzahl derartiger Tabellen zugeordnet. Im Bitstrom des AAC-Verfahrens, welches üblicherweise 1024 Spektralwerte aufweist, befinden sich nun die Huffman-Codewörter für die Spektralwerte in aufsteigender Frequenzreihenfolge. Die Information über die in jedem Frequenzabschnitt verwendete Tabelle wird in den Seiteninformationen übertragen. Diese Situation ist in Fig. 2 dargestellt.

Fig. 2 stellt den beispielhaften Fall dar, bei dem der Bitstrom 10 Huffman-Codewörter umfaßt. Wenn immer aus einem Spektralwert ein Codewort gebildet wird, so können hier 10 Spektralwerte codiert sein. Üblicherweise werden jedoch immer 2 oder 4 Spektralwerte durch ein Codewort gemeinsam codiert, weshalb Fig. 2 einen Teil des codierten Bitstroms darstellt, der 20 bzw. 40 Spektralwerte umfaßt. In dem Fall, in dem jedes Huffman-Codewort 2 Spektralwerte umfaßt, stellt das mit der Nr. 1 bezeichnete Codewort die ersten 2 Spektralwerte dar, wobei die Länge des Codeworts Nr. 1 relativ klein ist, was bedeutet, daß die Werte der beiden ersten Spektralwerte, d. h. der beiden niedrigsten Frequenzkoeffizienten, relativ häufig auftreten. Das Codewort mit der Nr. 2 hingegen besitzt eine relativ große Länge, was bedeutet, daß die Beträge des 3. und 4. Spektralkoeffizienten im codierten Audiosignal relativ selten sind, weshalb dieselben mit einer relativ großen Bitmenge codiert werden. Aus Fig. 2 ist ferner ersichtlich, daß die Codewörter mit den Nr. 3, 4 und 5, die die Spektralkoeffizienten 5 und 6, bzw. 7 und 8 bzw. 9 und 10 darstellen, ebenfalls relativ häufig auftreten, da die Länge der einzelnen Codewörter relativ gering ist. Ähnliches gilt für die Codewörter mit den Nr. 6-10.

Wie es bereits erwähnt wurde, ist es aus Fig. 2 deutlich ersichtlich, daß die Huffman-Codewörter für die codierten n Spektralwerte bezüglich der Frequenz linear ansteigend im Bitstrom angeordnet sind, wenn in Bitstrom betrachtet wird, der durch eine bekannte Codierungsvorrichtung erzeugt wird.

Ein großer Nachteil von Huffman-Codes im Falle fehlerbehafteter Kanäle ist die Fehlerfortpflanzung. Es sei beispielsweise angenommen, daß das Codewort Nr. 2 in Fig. 2 gestört ist. Mit einer gewissen nicht niedrigen Wahrscheinlichkeit ist dann auch die Länge dieses falschen Codeworts Nr. 2 verändert. Dieselbe unterscheidet sich somit von der richtigen Länge. Wenn im Beispiel von Fig. 2 das Codewort Nr. 2 bezüglich seiner Länge durch eine Störung verändert worden ist, ist es für einen Codierer nicht mehr möglich, die Anfänge der Codewörter 3-10, d. h. fast des gesamten dargestellten Audiosignals, zu bestimmen. Es können also auch alle anderen Codewörter nach dem gestörten Codewort nicht mehr richtig decodiert werden, da nicht bekannt ist, wo diese Codewörter beginnen, und da ein falscher Startpunkt aufgrund des Fehlers gewählt wurde.

Das europäische Patent Nr. 0612156 schlägt als Lösung für das Problem der Fehlerfortpflanzung vor, einen Teil der Codewörter variabler Länge in einem Raster anzuordnen, und die restlichen Codewörter in die verbleibenden Lücken zu verteilen, so daß ohne vollständige Decodierung oder bei fehlerhafter Übertragung der Anfang eines Codeworts leichter gefunden werden kann.

Das bekannte Verfahren schafft für die Fehlerfortpflanzung zwar eine teilweise Abhilfe durch Umsortierung der Codewörter. Für manche Codewörter wird ein fester Platz im Bitstrom vereinbart, während für die restlichen Codewörter die verbleibenden Zwischenräume zur Verfügung stehen. Dies kostet keine zusätzlichen Bits, verhindert aber im Fehlerfall die Fehlerfortpflanzung unter den umsortierten Codewörtern.

Entscheidender Parameter für die Effizienz des bekannten Verfahrens ist jedoch, wie das Raster in der praktischen Anwendung bestimmt wird, d. h. wie viele Rasterpunkte verwendet werden müssen, welchen Rasterabstand die Rasterpunkte haben, usw. Das europäische Patent 0612156 liefert jedoch neben dem allgemeinen Hinweis, ein Raster zur Eindämmung der Fehlerfortpflanzung zu verwenden, keine näheren Hinweise darauf, wie das Raster effizient gestaltet werden soll, um einerseits eine fehlerrobuste Codierung und andererseits auch eine effiziente Codierung zu ermöglichen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Verfahren und Vorrichtungen zum fehlerrobusten und dennoch effizienten Entropiecodieren zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Codieren eines Audiosignals gemäß Anspruch 1 oder 4 sowie durch eine Vorrichtung zum Codieren eines Audiosignals gemäß Anspruch 12 oder 13 gelöst.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Verfahren und Vorrichtungen zum fehlerrobusten und dennoch effizienten Entropiedecodieren zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Decodieren eines Bitstroms gemäß Anspruch 14 oder 15 sowie durch eine Vorrichtung zum Decodieren eines Bitstroms gemäß Anspruch 16 oder 17 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß das bereits vorgeschlagene Raster in bestimmter Weise ausgestaltet bzw. belegt werden muß, um neben einer fehlerrobusten Codierung bzw. Decodierung auch eine effiziente Codierung bzw. Decodierung zu erreichen. Wesentlich dabei ist, daß die Codewörter, die durch eine Entropiecodierung in Form einer Huffman-Codierung erhalten werden, inhärent eine unterschiedlich Länge haben, da der größte Codierungsgewinn erreicht wird, wenn einem zu codierenden Wert, der am häufigsten auftritt, ein möglichst kurzes Codewort zugewiesen wird. Dagegen führt ein zu codierender Wert, der relativ selten auftritt, trotz eines relativ langen Codeworts, das demselben zugewiesen wird, zu einer statistisch gesehen optimalen Datenmenge. Codewörter, die

durch eine Huffman-Codierung erhalten werden, weisen also an sich unterschiedliche Längen auf.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung werden an den Rasterpunkten sog. Prioritätscodewörter platziert, derart, daß trotz eines möglichen Fehlers im Bitstrom aufgrund des Rasters immer der Anfang der Prioritätscodewörter von einem Decodierer sicher festgestellt werden kann. Unter Prioritätscodewörtern sind Codewörter zu verstehen, die psychoakustisch bedeutsam sind. Dies bedeutet, daß die Spektralwerte, die durch sog. Prioritätscodewörter codiert sind, wesentlich zum Höreindruck eines decodierten Audiosignals beitragen. Wenn das Audiosignal beispielsweise einen großen Anteil an Sprache aufweist, so könnten die Prioritätscodewörter die Codewörter sein, die eher niedrigere Spektralwerte darstellen, da die wesentlichen Spektralinformationen in diesem Falle im niedrigen Spektralbereich auftreten. Wenn an ein Audiosignal gedacht wird, das eine Gruppe von Tönen im mittleren Frequenzbereich aufweist, so könnten die Prioritätscodewörter die Codewörter sein, die den Spektralwerten in dem entsprechenden mittleren Frequenzbereich zugeordnet sind, da dieselben dann die psychoakustisch bedeutsamen Spektralwerte sind. Psychoakustisch bedeutsame Spektralwerte könnten auch Spektralwerte sein, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten im Spektrum einen großen Betrag, d. h. eine große Signalenergie, umfassen. Psychoakustisch weniger bedeutsame Codewörter, die auch als Nicht-Prioritätscodewörter bezeichnet werden, füllen dagegen das Raster auf. Sie werden also nicht mit Rasterpunkten ausgerichtet, sondern in den noch freien Plätzen nach dem Positionieren der Prioritätscodewörter auf die Rasterpunkte "einsortiert".

Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung werden somit die Prioritätscodewörter, die Spektralwerten zugeordnet sind, welche psychoakustisch bedeutsam sind, in einem Raster derart angeordnet, daß der Anfang der Prioritätscodewörter mit den Rasterpunkten zusammenfällt.

Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Gruppierung der Spektralwerte in Spektralabschnitte durchgeführt, wobei jedem Spektralabschnitt eine andere Codetabelle zugeordnet wird. Die Zuordnung einer Codetabelle zu einem Spektralabschnitt beruht auf signalstatistischen Aspekten, d. h. welche Codetabelle optimal zur Codierung eines Spektralabschnitts geeignet ist, wobei die Zuordnung einer Codetabelle zu einem Spektralabschnitt in der Technik bereits bekannt ist.

Erfindungsgemäß wird nun ein Raster verwendet, welches mehrere Gruppen von in sich äquidistanten Rasterpunkten aufweist, derart, daß der Abstand der Rasterpunkte einer Gruppe von Rasterpunkten von der Codetabelle abhängt, die zur Codierung eines Spektralabschnitts verwendet wird. In einem anderen Spektralabschnitt wird eine andere Codetabelle verwendet, um eine optimale Datenreduktion zu erreichen. Der anderen Codetabelle ist wiederum eine andere äquidistante Gruppe von Rasterpunkten zugeordnet, wobei der Abstand zwischen zwei Rasterpunkten dieser anderen Gruppen von Rasterpunkten von der entsprechenden weiteren Codetabelle abhängt. Die Abhängigkeit des Abstands zweier Rasterpunkte in den verschiedenen Gruppen von Rasterpunkten kann zumindest auf drei verschiedene Arten und Weisen bestimmt werden.

Zum einen wird die maximale Länge eines Codeworts einer Codetabelle ermittelt. Der Abstand zweier Rasterpunkte in der Rasterpunktgruppe, die dieser Codetabelle zugeordnet ist, kann nun gleich oder größer als die maximale Codewortlänge in der Codetabelle gewählt werden, derart, daß auch das längste Codewort dieser Codetabelle in dem Raster Platz hat. Analog dazu wird der Abstand zweier Rasterpunkte einer anderen Gruppe von Rasterpunkten, die wi-

derum einer anderen Codetabelle entspricht, gemäß der maximalen Codewortlänge dieser anderen Codetabelle bestimmt.

Die zweite Alternative, die nachfolgend beschrieben ist, kann ebenfalls zu einer Erhöhung der Anzahl der Rasterpunkte beitragen. Aufgrund der inhärenten Eigenschaften des Huffman-Codes sind seltener auftretende Codewörter eher länger als häufiger auftretende Codewörter. Wenn daher der Rasterpunktstand gleich oder größer als die Länge des Codeworts mit maximaler Länge einer Tabelle gewählt wird, so werden meistens Codewörter ins Raster eingefügt, die kürzer als der Rasterpunktstand sind. Erfindungsgemäß kann der Rasterpunktstand daher auch kleiner als die Länge des längsten Codeworts einer Tabelle gewählt werden. Falls dann beim Codieren ein Codewort auftritt, das nicht ins Raster paßt, so wird der nicht ins Raster passende Rest an einer anderen geeigneten Stelle nicht mit dem Raster ausgerichtet in den Bitstrom eingetragen. Dies führt dazu, daß dieses "zerstückelte" Codewort nicht mehr wirksam vor einer Fehlerfortpflanzung geschützt ist. Da dasselbe jedoch sehr selten auftritt, kann dies im Interesse einer Erhöhung der Anzahl der Rasterpunkte in Kauf genommen werden.

Die dritte Möglichkeit zum Bestimmen der unterschiedlichen Rasterpunktstände besteht darin, nicht die maximale Codewortlänge einer Tabelle zu berücksichtigen, sondern die Länge des längsten tatsächlich auftretenden Codeworts im Bitstrom in einem codierten Spektralabschnitt zu verwenden.

Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann anstelle einer im wesentlichen linear mit der Frequenz ansteigenden Anordnung der Codewörter im Bitstrom ein frequenzmäßig verteiltes Anordnen der Codewörter verwendet werden, wobei dieses Verfahren auch als "Scramblen" bezeichnet wird. Dies hat den Vorteil, daß sog. "Burst"-Fehler nicht zu einer fehlerhaften Decodierung eines kompletten Frequenzbandes führt, sondern nur kleine Störungen in mehreren verschiedenen Frequenzbereichen erzeugen.

Gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann ferner anstelle einer linear mit der Frequenz ansteigenden Anordnung der Codewörter auch eine Anordnung verwendet werden, bei der z. B. nur jedes n-te Codewort (z. B. jedes 2. oder jedes 3. oder jedes 4., ...) im Raster angeordnet wird. Dadurch wird es möglich, durch Prioritätscodewörter einen möglichst großen Spektralbereich zu überdecken, d. h. gegen eine Fehlerfortpflanzung zu schützen, wenn die Anzahl der möglichen Rasterpunkte kleiner als die Anzahl der Prioritätscodewörter ist.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detaillierter erörtert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel für eine erfindungsgemäße Rasterung eines codierten Bitstroms, der Codewörter enthält, anhand des zweiten Aspekts der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 2 eine linear mit der Frequenz ansteigende Anordnung von Codewörtern gemäß dem Stand der Technik.

Zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung sind in Fig. 2, die eine bekannte linear mit der Frequenz ansteigende Anordnung von Codewörtern unterschiedlicher Länge darstellt, Prioritätscodewörter schraffiert dargestellt. In Fig. 2 sind Prioritätscodewörter die Codewörter Nr. 1–Nr. 5. Wie es bereits oben erwähnt wurde, sind die Codewörter, welche frequenzmäßig niedrigen Spektralwerten zugeordnet sind, dann Prioritätscodewörter, wenn das Audiosignal beispielsweise einen hohen Sprachanteil enthält, oder relativ viele Töne, welche niederfrequent sind. Die Codewörter Nr. 6–10 in Fig. 2 beziehen sich auf höherfrequente Spektralwerte, welche zwar zum Gesamteindruck des decodierten Audiosignals sehr wohl beitragen, welche jedoch keine wesentli-

chen Auswirkungen auf den Höreindruck haben und somit psychoakustisch weniger bedeutsam sind.

Fig. 1 zeigt nun einen erfindungsgemäßen Bitstrom, der eine Anzahl von Rasterpunkten 10–18 aufweist, wobei der Abstand zwischen dem Rasterpunkt 10 und dem Rasterpunkt 12 als D1 bezeichnet ist, während der Abstand zwischen dem Rasterpunkt 14 und dem Rasterpunkt 16 als D2 bezeichnet wird.

Bezüglich der Darstellung des ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung sei lediglich der Teil des Bitstroms betrachtet, der sich vom Rasterpunkt 10 bis zum Rasterpunkt 14 erstreckt. Erfindungsgemäß werden nun die Prioritätscodewörter 1 und 2 im Raster ausgerichtet, damit sichergestellt ist, daß die wesentlichen Spektralanteile, die sich bei dem in Fig. 2 dargestellten Beispielsignal im unteren Frequenzbereich befinden, bei einer Codierung keiner Fehlerfortpflanzung unterworfen werden. Nicht-Prioritätscodewörter, welche in den Figur nicht schraffiert sind, werden nach den Prioritätscodewörtern angeordnet, um das Raster auszufüllen. Es ist nicht erforderlich, daß die Nicht-Prioritätscodewörter am Stück in das Raster passen, da sich die Länge eines Huffman-Codeworts aus sich selbst ergibt. Ein Decodierer weiß also, ob er nur den Teil eines Codeworts eingelesen hat. In diesem Falle wird er automatisch eine bestimmte Anzahl von Bits nach dem Prioritätscodewort hinter dem nächsten Rasterpunkt dem ersten Codewortstück hinzufügen. Es ist somit möglich, einen ersten Teil eines Nicht-Prioritätscodeworts in einer ersten noch freien Position im Raster einzufügen, und den restlichen Teil desselben an einer anderen Stelle, wie es beispielsweise durch die Nicht-Prioritätscodewörter 7, 8 und 9 dargestellt ist, welche im Bitstrom jeweils zweigeteilt worden sind, d. h. 7a, 7b bzw. 8a, 8b bzw. 9a, 9b.

Wie bereits dargestellt wurde, bezieht sich der 2. Teil des Bitstroms von Fig. 1 bereits auf den zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung. Würde der Rasterabstand D1 nicht zu einem kleineren Rasterabstand D2 verändert werden, so würde ein Raster mit dem Abstand D1, in dem alle Prioritätscodewörter 1 bis 5 angeordnet werden sollen, zu einem derart langen Bitstrom führen, daß sozusagen nicht genug Nicht-Prioritätscodewörter vorhanden sind, um alle im Raster verbleibenden Lücken aufzufüllen. Erfindungsgemäß werden daher aus einem Audiosignal nur so viel Prioritätscodewörter extrahiert, wie im Bitstrom eingesetzt werden können, damit im wesentlichen keine freien Stellen zurückbleiben, d. h. damit der Bitstrom nicht unnötig verlängert wird.

Anschließend wird bezugnehmend auf Fig. 1 auf den zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung detailliert eingegangen.

Im Falle des Codiervfahrens nach dem Standard MPEG-2 AAC können 11 verschiedene Huffman-Codetabellen zur Codierung verwendet werden. Für die meisten dieser Tabellen beträgt die maximal mögliche Codewortlänge zwischen 10 und 20 Bit. Eine spezielle Tabelle, die sog. "Escape"-Tabelle, umfaßt jedoch eine Länge von maximal 49 Bit. Würde man hier als Rasterabstand D die Länge des längsten Codeworts aller Tabellen verwenden, so erhielte man einen Rasterabstand von 49 Bit, was zu einem Raster mit sehr großer Breite führt und daher für fast alle Tabellen ineffizient ist, da der Bitstrom viel zu lang werden würde, wenn alle Prioritätscodewörter mit einem Rasterpunkt ausgerichtet werden sollen. Erfindungsgemäß wird daher die Breite des Rasters in Abhängigkeit der benutzten Codetabelle eingestellt. Wie bereits eingangs erwähnt wurde, können Spektralwerte in Spektralabschnitte gruppiert werden, wobei dann unter Berücksichtigung signalstatistischer Aspekte jedem Spektralabschnitt ein für denselben optimale Codetabelle zugeordnet wird. Die maximal

Codewortlänge in einer Codetabelle unterscheidet sich jedoch zumeist von der maximalen Codewortlänge einer anderen Tabelle.

So sei angenommen, daß die Spektralwerte, die durch die Codewörter 1 und 2 dargestellt werden, zu einem ersten Spektralabschnitt gehören, während die Spektralwerte, die durch die Codewörter 3–10 dargestellt sind, zu einem zweiten Spektralabschnitt gehören. Der Bitstrom wird nun gerastert, indem 2 Gruppen von Rasterpunkten verwendet werden, wobei die 1. Gruppe von Rasterpunkten die Rasterpunkte 10, 12 und 14 aufweist, während die 2. Gruppe von Rasterpunkten die Rasterpunkte 14, 16 und 18 aufweist. Ferner sei angenommen, daß dem Spektralabschnitt 0 die Huffman-Codetabelle n zugewiesen wurde, während dem Spektralabschnitt 1 die Huffman-Codetabelle m zugeordnet wurde. Außerdem sei angenommen, daß das Codewort 2 das längste Codewort der Tabelle n ist, die dem Spektralabschnitt 0 zugeordnet wurde. Der Rasterabstand der 1. Gruppe von Rasterpunkten wird gemäß der vorliegenden Erfindung größer oder vorzugsweise gleich der maximalen Länge des Codeworts der Tabelle n, im Beispiel also des Codeworts Nr. 2, eingestellt.

Der Abschnitt des Bitstroms zwischen dem Rasterpunkt 14 und dem Ende des Bitstroms am Codewort Nr. 10 zeigt dagegen, daß in diesem gewählten Beispiel das Codewort mit der maximalen Länge der Codetabelle m im Bitstrom nicht auftritt. In dem Bitstromraster, das durch die Gruppe 2 bezeichnet ist, existiert also kein Codewort, das eine Länge D2 aufweist.

Gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die Breite des Rasters also abhängig von der benutzten Codetabelle eingestellt. Es sei darauf hingewiesen, daß in diesem Fall jedoch die verwendete Tabelle im Decodierer zur Decodierung bereits bekannt sein muß. Dies ist jedoch der Fall, da als Seiteninformationen ohnehin für jeden Spektralabschnitt eine Codetabellennummer übertragen wird, mittels der ein Decodierer die verwendete Codetabelle aus einem vorgegebenen Satz von in diesem Beispiel 11 verschiedenen Huffman-Tabellen identifizieren kann.

Wie es bereits angesprochen wurde, ist bei einer Abhängigkeit des Rasterabstands von der verwendeten Codetabelle besonders wenn an die Escape-Tabelle, deren Länge 49 Bit beträgt, gedacht wird, noch immer keine optimale Datenreduktion zu erreichen, da im Falle einer Escape-Tabelle die Rasterbreite auf 49 Bit eingestellt wird, um maximal große Spektralwerte zu codieren. Escape-Tabellen werden eingesetzt, um zum einen relativ kurze Codetabellen zu haben, um jedoch zum anderen relativ große Werte mittels der kurzen Codetabellen in Verbindung mit einer Escape-Tabelle codieren zu können. Im Falle eines Werts, der den Wertebereich einer Codetabelle übersteigt, nimmt das Codewort für diesen Spektralwert einen vorbestimmten Wert an, der dem Decodierer signalisiert, daß zusätzlich eine Escape-Tabelle im Codierer verwendet worden ist. Umfaßt eine Codetabelle beispielsweise die Werte von 0–2, so würde ein Wert von 3 in der Codetabelle dem Decodierer signalisieren, daß auf eine Escape-Tabelle zurückgegriffen wird. Dem Codewort mit dem Wert 3 der "Grund"-Codetabelle wird gleichzeitig ein Wert der Escape-Tabelle zugeordnet, welcher zusammen mit dem maximalen Wert der Grund-Codetabelle den entsprechenden Spektralwert ergibt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des zweiten Aspekts der vorliegenden Erfindung wird der Abstand der Rasterpunkte einer Gruppe (beispielsweise der Gruppe 1 oder der Gruppe 2) nicht mehr gleich der Länge des längsten Codeworts einer Codetabelle eingestellt, sondern gleich der Länge des längsten tatsächlich auftretenden Codeworts in einem Bitstrom, der zu einer Codetabelle gehört. Dies stellt

eine weitere Verbesserung gegenüber der ersten Ausgestaltung des zweiten Aspekts der vorliegenden Erfindung dar, da auch trotz dieses Verfahrens die Codiereffizienz bei der Escape-Tabelle immer noch nicht optimal ist. Aus codiertechnischen Gründen ist die Maximallänge des Codes dieser Tabelle (innerhalb eines Spektrums) meist wesentlich geringer. Das längste Codewort in der Escape-Tabelle ist beispielsweise 49 Bit lang. Das längste bei üblichen Audiosignalen tatsächlich auftretende Codewort der Escape-Tabelle ist typischerweise etwa 20 Bit lang. Es ist daher möglich, die Zahl der Rasterpunkte und damit die Zahl der Prioritätscodewörter, die mit den Rasterpunkten ausgerichtet werden können, weiter zu erhöhen, indem zusätzlich die Länge des längsten Codeworts übertragen wird. Die Rasterlänge ergibt sich dann aus dem Minimum aus der tatsächlich auftretenden maximalen Codewortlänge und der theoretisch maximalen Codewortlänge der gerade verwendeten Tabelle. Für die Bestimmung des Minimums ist es möglich, das tatsächlich auftretende Codewort jeder Codetabelle in einem Audioframe oder lediglich das tatsächlich längste Codewort aller Codetabellen in einem Audioframe zu verwenden. Diese Option arbeitet auch für Nicht-Escape-Tabellen, also für "Grund"-Huffman-Tabellen, jedoch bei weitem nicht so effizient wie für die Escape-Tabellen.

Die Übertragung der Maximallänge eines Codeworts in einem Spektralabschnitt hat einen weiteren günstigen Nebeneffekt. Der Decodierer kann nämlich aufgrund der maximalen tatsächlich aufgetretenen Länge erkennen, ob in einem unter Umständen gestörten Bitstrom ein längeres Codewort vorhanden ist. Lange Codewörter bedeuten üblicherweise eine hohe Energie der Spektralwerte. Wenn durch einen Übertragungsfehler ein sehr langes Codewort zustande kommt, können außerordentlich hörbare Störungen entstehen. Die Übertragung der Maximallänge ermöglicht somit in den meisten Fällen eine Detektion eines solchen Fehlers und somit Gegenmaßnahmen, welche beispielsweise einfach ein Ausblenden dieses zu langen Codeworts sind, oder eine kompliziertere Verschleierungsmaßnahme.

An dieser Stelle sei angemerkt, daß für eine möglichst fehlerrobuste und dennoch effiziente Codierung möglichst viele Rasterpunkte erwünscht sind. Die Anzahl der Rasterpunkte nach oben ist jedoch durch die insgesamt Länge des Bitstroms begrenzt. Diese sollte natürlich durch die Rasterung nicht vergrößert werden, da dann unbenutzte Stellen im Bitstrom vorhanden sein würden, welche der Philosophie der gesamten Datenkompression widersprechen würden. Dennoch sei darauf hingewiesen, daß zugunsten einer hohen Fehlerrobustheit in bestimmten Anwendungsfällen sehr wohl eine Verlängerung des Bitstroms in Kauf genommen werden kann. Andererseits ist es wünschenswert, ein Raster derart anzuordnen, daß möglichst viele Codewörter an Rasterpunkten beginnen. Die vorliegende Erfindung erlaubt somit wirksam im Gegensatz zum Stand der Technik eine Flexibilisierung des Rasterpunktabstandes. Die Flexibilisierung würde im absolut idealen Fall dazu führen, im wesentlichen jedem Codewort einen Rasterpunkt zuzuordnen, was selbstverständlich nur mit erheblichem Aufwand möglich ist. Die Anordnung der Rasterpunkte, d. h. die Bestimmung der Rasterpunktabstände in Abhängigkeit von den Codetabellen für jeden Spektralabschnitt erlaubt jedoch eine sehr effiziente Annäherung an den Optimalzustand, zumal bei weitem nicht alle Codewörter psychoakustisch bedeutsam sind, und zumal auch alle psychoakustisch weniger bedeutsamen Codewörter ebenfalls in den Bitstrom zwischen den rastermäßig angeordneten psychoakustisch bedeutsamen Codewörtern sozusagen einsortiert werden sollten, damit keine unbenutzten Stellen im Bitstrom erhalten werden.

Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung

wird von der linear mit der Frequenz steigenden Anordnung im Bitstrom weggegangen, und die Codewörter für verschiedene Spektralwerte werden "gescrambled". Wenn Fig. 1 betrachtet wird, so ist eine gewissermaßen verschachtelte lineare Anordnung der Codewörter mit der Frequenz zu sehen, da die schraffierten Prioritätscodewörter in aufsteigender Frequenzrichtung angeordnet sind, und da die Nicht-Prioritätscodewörter, die nicht schraffiert sind, ebenfalls in aufsteigender Frequenzreihenfolge im Bitstrom einsortiert sind. Würde nun bei dem in Fig. 1 dargestellten Bitstrom ein sog. "Burst"-Fehler auftreten, d. h. eine Störung, die zur Beschädigung mehrerer aufeinanderfolgender Codewörter führt, so würden beispielsweise die Codewörter 6, 7a, 2, 3 und 7b gleichzeitig zerstört werden.

In dem entsprechenden decodierten Audiosignal würde in dem durch die Prioritätscodewörter 2 und 3 dargestellten Spektralband eine spektralmäßig gesehen relativ breite Störung und damit eher deutlicher hörbare Störung auftreten. Das Problem der Burst-Fehler ist aus dem sehr einfachen Beispiel in Fig. 1 nicht besonders deutlich zu sehen. In der Praxis ist jedoch davon auszugehen, daß viel mehr als fünf Rasterpunkte vorhanden sein werden, wobei sich Burst-Fehler oft über mehrere Rasterpunkte hinweg erstrecken, was zu einem Verlust an Daten für ein relativ breites Frequenzband führen kann. Daher werden gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung vorzugsweise die Prioritätscodewörter und optional dazu auch die Nicht-Prioritätscodewörter für die Spektralwerte nicht mehr in aufsteigender Frequenzreihenfolge sondern "gemischt" angeordnet, derart, daß dieselben eine zufällige oder pseudozufällige frequenzmäßige Anordnung haben. Bei einer pseudozufälligen Anordnung müssen keine Informationen bezüglich der Verteilung als Seiteninformationen übertragen werden, da diese Verteilung im Decodierer a priori fest eingestellt werden kann. Dies würde dann dazu führen, daß ein Verlust von im Bitstrom benachbarten Codewörtern nicht zu einem Verlust eines vollständigen Frequenzbands führt, sondern nur zu einem sehr kleinen Verlust in mehreren Frequenzbändern. Diese Störung dürfte kaum hörbar sein und könnte auch effizienter verschleiert werden als ein Verlust eines gesamten Frequenzbands.

Gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist statt einer linear mit der Frequenz ansteigenden Anordnung der Prioritätscodewörter bzw. der Nicht-Prioritätscodewörter eine Anordnung möglich, die nur z. B. jedes n-te Codewort im Raster anordnet und die restlichen Codewörter dazwischen einsortiert. Wie es bereits erwähnt wurde, ist die Anzahl der Rasterpunkte für einen Bitstrom durch die gesamte Länge und den gewählten Rasterpunktabstand begrenzt. Wenn beispielsweise an eine Abtastung mit niedriger Bandbreite gedacht wird, so kann der Fall auftreten, daß von den Codewörtern die allermeisten psychoakustisch bedeutsame Codewörter sind, da das gesamte Signal eine theoretisch mögliche Nutzbandbreite von 8 kHz hat, wenn eine Abtastrate von 16 kHz verwendet wird. Erfahrungsgemäß können nur 30% der Codewörter an Rasterpunkten angeordnet werden, wobei die restlichen 70% verwendet werden müssen, um das Raster vollends aufzufüllen. Dies würde jedoch bedeuten, daß nicht der gesamte richtige Frequenzbereich bei Sprachsignalen beispielsweise der Bereich von 0 - 4 kHz mit Prioritätscodewörtern, die an Rasterpunkten angeordnet sind, abgedeckt bzw. "geschützt" werden kann. Um dennoch für den wichtigen Frequenzbereich einen ausreichenden Schutz vor Fehlerfortpflanzungen zu erreichen, wird daher nicht mehr jedes Prioritätscodewort sondern lediglich jedes 2., 3. oder 4. usw. mit einem Rasterpunkt ausgerichtet, während die dazwischenliegenden Prioritätscodewörter nicht mit Rasterpunkten ausgerichtet werden, son-

dern das Raster auffüllen. Wenn beispielsweise im niedrigen Frequenzbereich jeder 2. Spektralwert bzw. jeder 3. usw. bekannt ist, so können die dazwischenliegenden Codewörter, wenn sie bei einer Übertragung beschädigt werden, im Decodierer unter Umständen durch Fehlerverschleierungstechniken, wie z. B. eine Prädiktion o. a., wiederhergestellt werden.

Die Verfahren bzw. Vorrichtungen zum Decodieren eines Bitstroms arbeiten im wesentlichen spiegelbildlich zu der beschriebenen Codierung.

Bei einem allgemeinen Verfahren zum Decodieren eines Bitstroms, der ein codiertes Audiosignal darstellt, wobei der codierte Bitstrom Codewörter mit unterschiedlicher Länge aus einer Codetabelle und ein Raster mit äquidistanten Rasterpunkten (10, 12, 14) aufweist, wobei die Codewörter Prioritätscodewörter aufweisen, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam sind, und wobei Prioritätscodewörter mit Rasterpunkten ausgerichtet sind, wird (a) der Abstand D1 zwischen zwei benachbarten Rasterpunkten erfaßt. Wenn der Abstand zwischen zwei Rasterpunkten bekannt ist, können (b) die mit den Rasterpunkten ausgerichteten Prioritätscodewörter in dem codierten Bitstrom umsortiert werden, derart, daß eine frequenzmäßig lineare Anordnung derselben erhalten wird, wobei der Beginn eines Prioritätscodeworts mit einem Rasterpunkt zusammenfällt. Nun liegen die Prioritätscodewörter wieder in der in Fig. 2 gezeigten allgemein frequenzlinearen Anordnung vor, womit (c) die Prioritätscodewörter mit einer Codetabelle, der dieselben angehören, wieder decodiert werden können, um decodierte Spektralwerte zu erhalten. Nach einer (d) Rücktransformation der decodierten Spektralwerte in den Zeitbereich liegt ein decodiertes Audiosignal vor, das auf bekannte Art und Weise verarbeitet werden kann, um beispielsweise einem Lautsprecher zugeführt zu werden.

Ist der Bitstrom mit nur einer einzigen Codetabelle codiert, so kann der Abstand der Rasterpunkte einfach erfaßt werden, indem den Seiteninformationen des Bitstroms entnommen wird, mit welcher Codetabelle codiert wurde. Je nach beschriebener Codierung ist der Abstand dann beispielsweise die Länge des längsten Codeworts dieser Tabelle, die im Codierer fest eingestellt sein könnte. Ist der Abstand die Länge des tatsächlich auftretenden längsten Codeworts in einem Teil des Bitstroms, dem eine Codetabelle zugeordnet ist, so wird derselbe mittels der Seiteninformationen, die dem Bitstrom zugeordnet sind, dem Decodierer mitgeteilt, usw.

Der Decodierer führt eine Umsortierung der Prioritätscodewörter und auch der Nicht-Prioritätscodewörter durch, indem er z. B. einen Zeiger auf den codierten Bitstrom anwendet. Ist dem Decodierer der Rasterabstand bekannt, so kann derselbe bei frequenzmäßig linearer Anordnung der Prioritätscodewörter zu einem Rasterpunkt springen und das dort beginnende Codewort einlesen. Ist das Einlesen eines Codeworts beendet, so springt der Zeiger zu dem nächsten Rasterpunkt und wiederholt den beschriebenen Vorgang. Sind alle Prioritätscodewörter eingelesen, so befinden sich im Bitstrom noch die Nicht-Prioritätscodewörter. Wurde eine jeweils lineare Anordnung der Prioritätscodewörter bzw. der Nicht-Prioritätscodewörter im Bitstrom gewählt, so sind die Nicht-Prioritätscodewörter für sich bereits linear mit der Frequenz angeordnet und können ohne weitere Umsortierung wieder decodiert und rücktransformiert werden.

Wurde einer Codierung nach dem dritten bzw. vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung gewählt, so können Scramble-Informationen entweder als Seiteninformationen übertragen werden, oder die Scrambleverteilung ist a priori festgelegt und damit auch dem Decodierer von vorneherein

bekannt. Bezüglich des vierten Aspekts gelten dieselben Dinge. Es besteht immer die Möglichkeit, eine Verteilung fest zu vereinbaren oder variabel zu gestalten und dann dem Decodierer über Seiteninformationen mitzuteilen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Codieren eines Audiosignals, um einen codierten Bitstrom zu erhalten, mit folgenden Schritten:
 - (a) Transformieren von zeitdiskreten Abtastwerten des Audiosignals in den Frequenzbereich, um Spektralwerte zu erhalten, die das Audiosignal darstellen;
 - (b) Codieren der Spektralwerte mit einer Codetabelle, die eine begrenzte Anzahl von Codewörtern unterschiedlicher Länge aufweist, um durch Codeworte codierte Spektralwerte zu erhalten, wobei die Länge eines einem Spektralwert zugeordneten Codeworts im allgemeinen um so kürzer ist, je höher die Auftrittswahrscheinlichkeit des Spektralwerts ist;
 - (c) Festlegen eines Rasters für den codierten Bitstrom, wobei das Raster äquidistante Rasterpunkte (10, 12, 14) aufweist, und wobei der Abstand (D1) der Rasterpunkte von der Codetabelle abhängt; und
 - (d) Positionieren von Prioritätscodewörtern, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam sind, im Raster, derart, daß der Beginn jedes Prioritätscodeworts mit einem Rasterpunkt zusammenfällt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Prioritätscodewörter Codewörter sind, die Spektralwerte mit niedriger Frequenz und/oder hoher Energie codieren.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Abstand der Rasterpunkte etwas kleiner, gleich oder größer als das längste Codewort der Codetabelle oder gleich oder größer als das längste tatsächlich auftretende Codewort im Bitstrom ist.
4. Verfahren zum Codieren eines Audiosignals, um einen codierten Bitstrom zu erhalten, mit folgenden Schritten:
 - (a) Transformieren von zeitdiskreten Abtastwerten des Audiosignals in den Frequenzbereich, um Spektralwerte zu erhalten, die das Audiosignal darstellen;
 - (b) Gruppieren der Spektralwerte in aneinander-grenzende Spektralabschnitte, wobei jeder Spektralabschnitt wenigstens einen Spektralwert umfaßt;
 - (c) Zuweisen von zumindest zwei unterschiedlichen Codetabellen aus einer vorgegebenen Anzahl von Codetabellen zu zwei unterschiedlichen Spektralabschnitten, wobei einem Spektralabschnitt die Codetabelle zugewiesen wird, die für die Codierung der Spektralwerte in dem Spektralabschnitt am günstigsten ist;
 - (d) Codieren der Spektralwerte aus den Spektralabschnitten mit der Codetabelle, die dem entsprechenden Spektralabschnitt zugewiesen ist, wobei die Länge eines einem Spektralwert zugeordneten Codeworts im allgemeinen um so kürzer ist, je höher die Auftrittswahrscheinlichkeit des Spektralwerts ist;
 - (e) Festlegen eines Rasters für den codierten Bitstrom, wobei das Raster zumindest zwei Gruppen

von Rasterpunkten (10, 12, 14 bzw. 14, 16, 18) aufweist, wobei die Rasterpunkte jeder Gruppe in sich äquidistant angeordnet sind, und wobei der Rasterpunktstand (D1 bzw. D2) jeder Gruppe von einer entsprechenden der zumindest zwei unterschiedlichen Codetabellen abhängt; und
(f) Positionieren von Prioritätscodewörtern, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam sind, im Raster, derart, daß der Beginn jedes Prioritätscodeworts jeder Codetabelle mit einem Rasterpunkt (10, 12, 14 bzw. 14, 16, 18) in der entsprechenden Gruppe von Rasterpunkten zusammenfällt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der Rasterpunktstand (D1, D2) jeder Gruppe von Rasterpunkten kleiner, gleich oder größer als die Länge des längsten Codeworts der entsprechenden Codetabelle ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der Rasterpunktstand (D1, D2) jeder Gruppe von Rasterpunkten gleich der Länge des tatsächlich längsten Codeworts für einen Spektralwert in dem entsprechenden Spektralabschnitt ist; und
bei dem die Länge des tatsächlichen längsten Codeworts eines Spektralabschnitts als Seiteninformationen zum Bitstrom übertragen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem bezüglich der Prioritätscodewörter und der Nicht-Prioritätscodewörter im Raster des Bitstroms jeweils eine frequenzmäßig im wesentlichen lineare Anordnung der Codewörter eingehalten wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, bei dem die Codewörter, die codierte Spektralwerte darstellen, im Raster des Bitstroms unabhängig von der Frequenz der entsprechenden Spektralwerte angeordnet werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem Informationen bezüglich der Zuordnung zwischen der Frequenz und dem Codewort als Seiteninformationen in den Bitstrom eingebracht werden, wenn die von der Frequenz unabhängige Verteilung nicht vorbestimmt ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem lediglich jedes n-te Codewort der Prioritätscodewörter im Raster des Bitstroms angeordnet wird, während die restlichen Prioritätscodewörter und Nicht-Prioritätscodewörter nicht an Rasterpunkten ausgerichtet werden.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Spektralwerte vor dem Codieren unter Berücksichtigung des psychoakustischen Modells quantisiert werden.
12. Vorrichtung zum Codieren eines Audiosignals, um einen codierten Bitstrom zu erhalten, mit folgenden Merkmalen:

- (a) einer Einrichtung zum Transformieren von zeitdiskreten Abtastwerten des Audiosignals in den Frequenzbereich, um Spektralwerte zu erhalten, die das Audiosignal darstellen;
- (b) einer Einrichtung zum Codieren der Spektralwerte mit einer Codetabelle, die eine begrenzte Anzahl von Codewörtern unterschiedlicher Länge aufweist, um durch Codeworte codierte Spektralwerte zu erhalten, wobei die Länge eines einem Spektralwert zugeordneten Codeworts im allgemeinen um so kürzer ist, je höher die Auftrittswahrscheinlichkeit des Spektralwerts ist;
- (c) einer Einrichtung zum Festlegen eines Rasters für den codierten Bitstrom, wobei das Raster äquidistante Rasterpunkte (10, 12, 14) aufweist, und

- wobei der Abstand (D1) der Rasterpunkte von der Codetabelle abhängt; und
- (d) einer Einrichtung zum Positionieren von Prioritätscodewörtern, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam sind, im Raster, derart, daß der Beginn jedes Prioritätscodeworts mit einem Rasterpunkt zusammenfällt.
13. Vorrichtung zum Codieren eines Audiosignals, um einen codierten Bitstrom zu erhalten, mit folgenden Merkmalen:
- (a) einer Einrichtung zum Transformieren von zeitdiskreten Abtastwerten des Audiosignals in den Frequenzbereich, um Spektralwerte zu erhalten, die das Audiosignal darstellen;
 - (b) einer Einrichtung zum Gruppieren der Spektralwerte in aneinandergrenzende Spektralabschnitte, wobei jeder Spektralabschnitt wenigstens einen Spektralwert umfaßt;
 - (c) einer Einrichtung zum Zuweisen von zumindest zwei unterschiedlichen Codetabellen aus einer vorgegebenen Anzahl von Codetabellen zu zwei unterschiedlichen Spektralabschnitten, wobei einem Spektralabschnitt die Codetabelle zugewiesen wird, die für die Codierung der Spektralwerte in dem Spektralabschnitt am günstigsten ist;
 - (d) einer Einrichtung zum Codieren der Spektralwerte aus den Spektralabschnitten mit der Codetabelle, die dem entsprechenden Spektralabschnitt zugewiesen ist, wobei die Länge eines einem Spektralwert zugeordneten Codeworts im allgemeinen um so kürzer ist, je höher die Auftrittswahrscheinlichkeit des Spektralwerts ist;
 - (e) einer Einrichtung zum Festlegen eines Rasters für den codierten Bitstrom, wobei das Raster zumindest zwei Gruppen von Rasterpunkten (10, 12, 14 bzw. 14, 16, 18) aufweist, wobei die Rasterpunkte jeder Gruppe in sich äquidistant angeordnet sind, und wobei der Rasterpunktabstand (D1 bzw. D2) jeder Gruppe von einer entsprechenden der zumindest zwei unterschiedlichen Codetabellen abhängt; und
 - (f) einer Einrichtung zum Positionieren von Prioritätscodewörtern, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam sind, im Raster, derart, daß der Beginn jedes Prioritätscodeworts jeder Codetabelle mit einem Rasterpunkt (10, 12, 14 bzw. 14, 16, 18) in der entsprechenden Gruppe von Rasterpunkten zusammenfällt.
14. Verfahren zum Decodieren eines Bitstroms, der ein codiertes Audiosignal darstellt, wobei der codierte Bitstrom Codewörter mit unterschiedlicher Länge aus einer Codetabelle und ein Raster mit äquidistanten Rasterpunkten (10, 12, 14) aufweist, wobei die Codewörter Prioritätscodewörter aufweisen, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam sind, und wobei Prioritätscodewörter mit Rasterpunkten ausgerichtet sind, mit folgenden Schritten:
- (a) Erfassen des Abstands (D1) zwischen zwei benachbarten Rasterpunkten;
 - (b) Umsortieren der mit den Rasterpunkten ausgerichteten Prioritätscodewörter in dem codierten Bitstrom, derart, daß eine frequenzmäßig lineare Anordnung derselben erhalten wird, wobei der Beginn eines Prioritätscodeworts mit einem Rasterpunkt zusammenfällt;
 - (c) einer Einrichtung zum Decodieren der Prioritätscodewörter mit einer Codetabelle, der dieselben angehören, um decodierte Spektralwerte zu erhalten; und
 - (d) einer Einrichtung zum Rücktransformieren der decodierten Spektralwerte in den Zeitbereich, um ein decodiertes Audiosignal zu erhalten.
15. Verfahren zum Decodieren eines Bitstroms, der ein codiertes Audiosignal darstellt, wobei der codierte Bitstrom Codewörter mit unterschiedlicher Länge aus zumindest zwei Codetabellen und ein Raster mit zumindest zwei Gruppen von äquidistanten Rasterpunkten (10, 12, 14 bzw. 14, 16, 18) aufweist, wobei die Codewörter Prioritätscodewörter aufweisen, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam sind, und wobei Prioritätscodewörter mit Rasterpunkten ausgerichtet sind, mit folgenden Schritten:
- (a) Erfassen des Abstands (D1, D2) zwischen zwei benachbarten Rasterpunkten;
 - (b) Umsortieren der mit den Rasterpunkten ausgerichteten Prioritätscodewörter in dem codierten Bitstrom, derart, daß eine frequenzmäßig lineare Anordnung derselben erhalten wird, wobei der Beginn eines Prioritätscodeworts mit einem Rasterpunkt zusammenfällt;
 - (c) Ermitteln der einem Spektralabschnitt zugeordneten Codetabelle
 - (d) Decodieren der Prioritätscodewörter eines Spektralabschnitts mit der entsprechenden Codetabelle, der dieselben angehören, um decodierte Spektralwerte zu erhalten; und
 - (e) Rücktransformieren der decodierten Spektralwerte in den Zeitbereich, um ein decodiertes Audiosignal zu erhalten.
16. Vorrichtung zum Decodieren eines Bitstroms, der ein codiertes Audiosignal darstellt, wobei der codierte Bitstrom Codewörter mit unterschiedlicher Länge aus einer Codetabelle und ein Raster mit äquidistanten Rasterpunkten (10, 12, 14) aufweist, wobei die Codewörter Prioritätscodewörter aufweisen, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam sind, und wobei Prioritätscodewörter mit Rasterpunkten ausgerichtet sind, mit folgenden Merkmalen:
- (a) einer Einrichtung zum Erfassen des Abstands (D1) zwischen zwei benachbarten Rasterpunkten;
 - (b) einer Einrichtung zum Umsortieren der mit den Rasterpunkten ausgerichteten Prioritätscodewörter in dem codierten Bitstrom, derart, daß eine frequenzmäßig lineare Anordnung derselben erhalten wird, wobei der Beginn eines Prioritätscodeworts mit einem Rasterpunkt zusammenfällt;
 - (c) einer Einrichtung zum Decodieren der Prioritätscodewörter mit einer Codetabelle, der dieselben angehören, um decodierte Spektralwerte zu erhalten; und
 - (d) einer Einrichtung zum Rücktransformieren der decodierten Spektralwerte in den Zeitbereich, um ein decodiertes Audiosignal zu erhalten.
17. Vorrichtung zum Decodieren eines Bitstroms, der ein codiertes Audiosignal darstellt, wobei der codierte Bitstrom Codewörter mit unterschiedlicher Länge aus zumindest zwei Codetabellen und ein Raster mit zumindest zwei Gruppen von äquidistanten Rasterpunkten (10, 12, 14 bzw. 14, 16, 18) aufweist, wobei die Codewörter Prioritätscodewörter aufweisen, die bestimmte Spektralwerte darstellen, die im Vergleich zu anderen Spektralwerten psychoakustisch bedeutsam

sind, und wobei Prioritätscode-
wörter mit Rasterpunk-
ten ausgerichtet sind, mit folgenden Merkmalen:

- (a) einer Einrichtung zum Erfassen des Abstands
(D1, D2) zwischen zwei benachbarten Raster-
punkten; 5
- (b) einer Einrichtung zum Umsortieren der mit
den Rasterpunkten ausgerichteten Prioritätscode-
wörter in dem codierten Bitstrom, derart, daß eine
frequenzmäßig lineare Anordnung derselben er-
halten wird, wobei der Beginn eines Prioritätsco-
deworts mit einem Rasterpunkt zusammenfällt; 10
- (c) einer Einrichtung zum Ermitteln der einem
Spektralabschnitt zugeordneten Codetabelle;
- (c) einer Einrichtung zum Decodieren der Priori-
tätscode-
wörter eines Spektralabschnitts mit der 15
entsprechenden Codetabelle, der dieselben ange-
hören, um decodierte Spektralwerte zu erhalten;
und
- (d) einer Einrichtung zum Rücktransformieren
der decodierten Spektralwerte in den Zeitbereich, 20
um ein decodiertes Audiosignal zu erhalten.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

 PRIORITÄTSCODEWÖRTER

 NICHT-PRIORITÄTSCODEWÖRTER

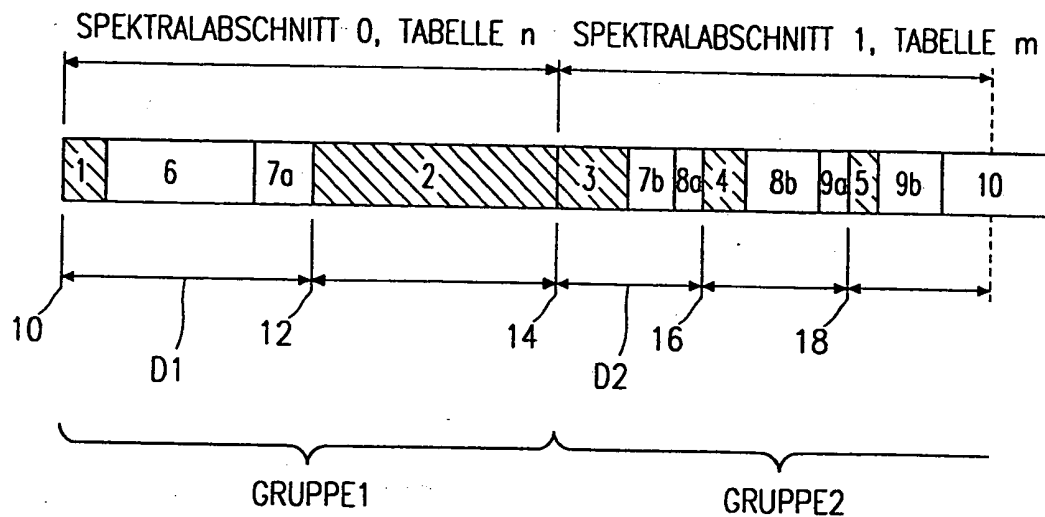


FIG. 1

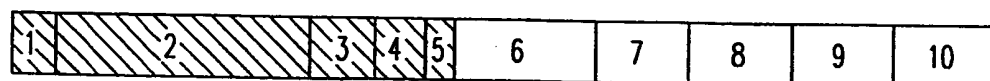


FIG.2 (STAND DER TECHNIK)